



**University of
Zurich^{UZH}**

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2016

What are you folding for? Nutzungsmotivationen von Citizen Science Online Games und ihre Lerneffekte

Füchslin, Tobias

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-131685>

Scientific Publication in Electronic Form

Published Version

Originally published at:

Füchslin, Tobias (2016). What are you folding for? Nutzungsmotivationen von Citizen Science Online Games und ihre Lerneffekte. JFF – Institut für Medienpädagogik in Forschung und Praxis: merzWissenschaft - Zeitschrift für Medienpädagogik.

Citizen Science Projekte verbreiten sich immer stärker im Internet und werden immer öfter als digitale Spiele aufbereitet. Die vorliegende Studie befragte 260 Spielerinnen und Spieler der Spiele Foldit, EteRNA und EyeWire bezüglich Nutzungsmotivationen und selbsteingeschätzter Lerneffekte der Spiele. Es zeigte sich, dass die Spiele aus vielfältigen Gründen, nämlich sozial, unterhaltungsbezogen und kompetitiv motiviert genutzt werden. Daraus ließen sich fünf Motivationstypen bilden: Enthusiasten, Soziale, Unterhaltene, Kompetitive und Demotivierte. Die Typen unterschieden sich anhand ihrer Lerneffekte und legten die Wichtigkeit der Nutzungsmotivationen offen. Insgesamt zeigt sich, dass Citizen Science Online Games nicht nur Wissen direkt vermitteln, sondern auch zu eigener Informationssuche anspornen können.

Citizen Science projects are becoming more prevalent on the Internet, increasingly in the form of digital games. The current study surveyed 260 players of the games Foldit, EteRNA and EyeWire on both the motivations behind their usage and the self-assessed educational impact of the games. Results showed that the motivations behind playing these games are tripartite, corresponding to social, entertainment and competitive motivations. Based on this, five motivational types were discovered: Enthusiastic, Social, Entertained, Competitive and Demotivated. These types differed among their educational effects and underlined the importance of usage motivations. Overall, this form of digital gaming not only has the potential to directly transfer knowledge but also spur further self-administered information seeking.

What are you folding for? Nutzungsmotivationen von Citizen Science Online Games und ihre Lerneffekte.

Tobias Füchslin

Im Jahr 2011 erschien in *Nature Structural & Molecular Biology* zum ersten Mal ein Fachartikel, der nur dank der Mithilfe von Videospielerinnen und -spielern ermöglicht wurde. Freiwillige Teilnehmende des Projekts *Foldit* schafften es, durch

ein Videospiel eine effiziente dreidimensionale Proteinstruktur zu entdecken, die zukünftiger Forschung hilft, bessere antiretrovirale Medikamente zu entwickeln (vgl. Khatib et al. 2011). Was bis dahin die erste Entdeckung durch Hilfe

von Videospielern war, sollte jedoch nicht die einzige bleiben. Auch im Projekt *Planet Hunters* konnten dank freiwilliger Internetnutzender neue Planeten entdeckt und bis heute zehn wissenschaftliche Publikationen realisiert werden (vgl. Planet Hunters Blog 2016). Unterfangen wie *Foldit* und *Planet Hunters* sind digitale und als Spiel aufbereitete bürgerwissenschaftliche (*Citizen Science*) Projekte. Sie ermöglichen es, komplexe und zeitintensive Probleme, die oft nicht durch reine Rechenpower zu lösen sind, mit Hilfe zahlreicher motivierter Freiwilliger anzugehen.

Während sich diese Art der Citizen Science immer stärker verbreitet, ist sie aus pädagogischer Sicht bisher noch weitgehend unbemerkt geblieben. Dabei scheint gerade die Kombination aus wissenschaftlichem Projekt und digitalem Spiel für positive Lerneffekte prädestiniert. Der vorliegende Artikel stellt eine erste, explorative Untersuchung von *Citizen Science Online Games* dar und geht der Frage nach, ob und welche Lerneffekte sich bei deren Spielerinnen und Spielern finden.

1 Citizen Science Online Games und ihre Nutzungsmotivationen

Auf der Website der Projektkoordinationsstelle *Citizen Science Central* (2016) wird Citizen Science definiert als „Projects in which volunteers partner with scientists to answer real-world questions.“ Bei Citizen Science ist es also das Ziel, wissenschaftliches Unterfangen (sei es Datenerhebung oder Datenanalyse) und öffentliche Beteiligung unter einen Hut zu bringen. Es existiert eine Vielzahl solcher Projekte, wobei die Ubiquität des Internets nicht nur dazu geführt hat, dass sich auch im World Wide Web immer mehr Citizen Science Projekte finden lassen, sondern auch dazu, dass diese immer öfter rein digital funktionieren (vgl. Silvertown 2009, S.467).

Entsprechend existiert eine Reihe von Typologien für Citizen Science Projekte (vgl. Bonney et al. 2009, Cooper et al. 2007, Wilderman 2007). In der vorliegenden Untersuchung liegt der Hauptfokus auf virtuellen (vgl. Wiggins/Crowston 2011) Projekten, die auf Basis des Internets funktionie-

ren und die Teilnehmenden an der Datenerhebung und/oder Auswertung (vgl. Bonney et al. 2009) teilhaben lassen. Diese Projekte werden fortan als *Online Citizen Science* verstanden.

Doch auch innerhalb dieser Kategorie lässt sich weiter differenzieren. Einige dieser Projekte weisen sich selber klar als Spiele aus und locken mit kompetitiven Punktesystemen und Belohnungen. Hier wird eine klare Definition für Spiele wichtig. Obwohl die subjektive Bewertung der Spielen immer entscheidend ist (vgl. Taylor 2009, S. 3), lässt sich zum Beispiel die Definition von Zimmerman und Salen (2004) heranziehen: „A game is a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that results in a quantifiable outcome.“ Andere Definitionen nennen weitere nötige Qualitäten wie die freiwillige Teilnahme, Feedback, Herausforderung und Interaktion (vgl. Shell 2008, Prensky 2001). Anhand dieser Definitionen können nun Online Citizen Science Projekte, die gleichzeitig alle Qualitäten eines Spiels mitbringen, als *Citizen Science Online Games* (fortan CSOGs) definiert werden. Sie sind der Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie.

Diese Projekte sind Synthesen von Spiel und angewandter Wissenschaft und bieten ein entsprechend breites Angebot an Nutzungsmotivationen. Einerseits werden viele klassische Motivationen von Online Games geboten. Speziell zu nennen ist hier die Motivationstaxonomie von Yee (2006), welche die übergeordneten Motivationen Social, Achievement und Immersion identifiziert. Die Social Kategorie beschreibt sozusagen eine oberflächliche (Socializing), eine vertiefte (Relationship) und eine gruppenbezogene (Teamwork) soziale Interaktion mit anderen Spielern. Die Achievement Kategorie bezieht sich auf Fortschritt im Spiel (Advancement), den Wettkampf mit anderen Spielern (Competition) und spielstrategische Optimierungen (Mechanics). Unter *Immersion* versteht man einerseits Rollenspiel-Elemente (Role-Playing) und die individuelle Anpassung der Spielcharaktere oder sonstiger Gameelemente (Customization), andererseits das Entdecken (Discovery) und Eintauchen (Escapism) in die Spielwelt. Spätere Untersuchungen

erweitern diese Konzeptualisierung mit der Enjoyment Motivation (vgl. Wu et al. 2010), die eine intrinsische Freude am Spiel beschreibt.

Andererseits finden sich auch Motivationen, die auf den Projektcharakter der Citizen Science zurückzuführen sind. Untersuchungen verschiedenster Typen von Online Citizen Science Projekten bedienen sich der Motivationen Collective Motives, Norm Oriented Motives, Identification, Reputation, Social Interaction und Intrinsic Motives (vgl. Nov et al. 2014, Raddick et al. 2010, Iacovides et al. 2013). Sowohl die Social Interaction als auch die Intrinsic Motives korrespondieren stark mit der Social bzw. Enjoyment Motivation von Yees (2006) und Wu et al. (2010) Social bzw. Enjoyment Motivation. Zusätzlich beschreiben die Collective Motives, auf welche Weise sich ein Bürgerwissenschaftler vom übergeordneten Ziel des Forschungsprojekts motivieren lässt, oder sich mittels Identification als Teil der gesamten Projektgemeinschaft fühlt. Ebenso besteht die Motivation, für seinen Einsatz und seine Leistungen Anerkennung und positives soziales Feedback (Reputation) aus der Projektgemeinschaft zu bekommen. Ähnlich dazu sind auch die Norm-Oriented Motives, bei welchen die Teilnehmenden sich von außen, etwa von Freunden und Familie, eine positive Wahrnehmung erhoffen.

2 Potenzielle Lerneffekte der Citizen Science Online Games

Bisherige Forschung zu Citizen Science untersuchte hauptsächlich die Effekte der Nutzungsmotivationen auf die Kontributionsqualität und -quantität in den Projekten. Kaum betrachtet wurden Lerneffekte der Projekte auf die Freiwilligen (vgl. Jennett et al. 2016). Erste Überblicksartikel attestierte digitalen oder analogen Citizen Science Projekten positive Lerneffekte (vgl. Haywood/Besley 2014, S. 97). In jüngster Zeit wurden derartige positive Befunde auch für Online Citizen Science gezeigt (vgl. Silva et al. 2016, Masters et al. 2016). Wenn es jedoch gezielt um CSOGs geht, dann fehlen empirische Untersuchungen.

Gerade aus Sicht der subjektwissenschaftlichen Lerntheorie (vgl. Holzkamp 1993) scheint es nachvollziehbar, dass CSOGs expansives Lernen begünstigen. Dieses findet statt, sobald Lernende sich selbstmotiviert mit einem Lerngegenstand beschäftigen. Im Falle der CSOGs verbringen die Spielerinnen und Spieler aus eigenen, potenziell vielfältigen Motivationen viel Zeit im Umfeld eines wissenschaftlichen Projekts, das tiefe Einblicke in ein spezialisiertes Thema und den wissenschaftlichen Prozess ermöglicht und somit einen informationsreichen Lerngegenstand darbietet. Die hohe Motivation mag darüber hinaus mittels zusätzlicher Informationssuche zu indirekten Lerneffekten führen. Während die Theorie des expansiven Lernens nach Holzkamp hauptsächlich für formale Lernsituationen herangezogen wird, mögen CSOGs primär informelles Lernen begünstigen. Dieses wird nach Dohmen (2001, S. 25) „auf alles Selbstlernen bezogen, das sich in unmittelbaren Lebens- und Erfahrungszusammenhängen außerhalb des formalen Bildungswesens entwickelt.“ Gerade für Spiele dieser Art sind die Grenzen zwischen informellem Lernen und formalem Lernen innerhalb des Bildungswesens jedoch fließend, da sie in beiden Kontexten genutzt werden können. Bevor jedoch eine formale Implementierung der CSOGs diskutiert werden kann, gilt es zu klären, ob diese wenig untersuchte Spielform tatsächlich zu informellen Lerneffekten führt.

Die potenziellen Lerneffekte der CSOGs lassen sich jedoch nicht nur theoretisch begründen, sondern auch durch verwandte Forschung empirisch plausibilisieren. Die Spiele können als eine Spezialform von Serious Games verstanden werden; ein Gegenstand dessen Lerneffekte ausführlicher untersucht sind (vgl. Hwang/Wu 2012, Hoblitz 2014). Knapp zusammengefasst nach Zyda (2005) sind Serious Games Computerspiele mit einem Zweck, der über reine Unterhaltung hinausgeht. Serious Games können sich stark voneinander unterscheiden: Einerseits gibt es Unterschiede in den Spieltypen und den angestrebten Effekten (vgl. Girard et al. 2013). Andererseits lassen sie sich auf einem Kontinuum zwischen vollwertigen Spielen

mit einem Zweck und digitalen Umgebungen mit einem Zweck verorten (vgl. Marsh 2011).

Serious Games weckten schon früh Hoffnungen im Bildungsbereich. Autoren argumentierten, dass gerade Digital Natives ohne große Anpassungsschwierigkeiten von den Spielen profitieren können (vgl. Prensky 2001, Westera et al. 2008, Bekebrede et al. 2011). Entsprechend verbreiteten sich Serious Games mit Bildungszweck, auch *Educational Games* genannt (vgl. Backlund/Hendrix 2013), immer stärker (vgl. Tobias et al. 2011). Sie locken mit sicherem und kosteneffizientem Lernen (vgl. Gee 2007), Interaktivität, Personalisierbarkeit, attraktiver Grafik und hoher Akzeptanz bei Jugendlichen (vgl. Girard et al. 2013, S. 207 ff., Westera et al. 2008, Hainey et al. 2011). Diesen Hoffnungen stand jedoch lange nicht die nötige empirische Evidenz gegenüber. Auch wenn weiterhin Kritik an der Quantität und Qualität der Forschung zu den Effekten dieser Spiele besteht (vgl. Giessen 2015), so finden sich mittlerweile doch einige Metaanalysen zum Thema. In Vergleichen mit gewöhnlichen Lernmethoden zeigt sich gerade bei direkten Lerneffekten, dass Educational Games zu besseren Resultaten führen (vgl. Clark et al. 2015). Hier werden Effekte sowohl auf das Wissen und die Erinnerung (vgl. Backlund/Hendrix 2013, Wouters et al. 2013, Connolly et al. 2012, Sitzmann 2011) als auch auf höhere kognitive Fähigkeiten wie Problemlösungsfähigkeiten (vgl. Wouters et al. 2013, Perrotta et al. 2013) festgestellt. Zusätzlich zeigt sich wiederholt, dass die Spiele die Lernenden stärker motivieren spielerisch weiterzulernen (vgl. Clark et al. 2015, Connolly et al. 2012, Bellotti et al. 2013) oder sich weiter zu informieren (vgl. Perrotta et al. 2013).

Im Detail betrachtet beinhalten diese Befunde noch einige Widersprüche, die durch die hohe Heterogenität der Serious Games zu erklären sind (vgl. Ke 2009). So zeigt sich zwar, dass Serious Games im Bildungsbereich weiterhin vielversprechend sind, aber noch einiges an Arbeit geleistet werden muss, um deren Effektivität differenziert belegen und erklären zu können (vgl. Girard et al. 2013). Darüber hinaus bestehen noch Lücken, wie die Spiele optimal in den Unterricht integriert werden können (vgl.

Backlund/Hendrix 2013) und wie es um die Langlebigkeit der Effekte steht.

Trotz diesen Widersprüchen lässt sich sowohl auf Basis der subjektwissenschaftlichen Lerntheorie als auch der empirischen Befunde zu den strukturell verwandten Educational Games für die CSOGs insgesamt erwarten, dass sie potenzielle Lerneffekte mit sich bringen. Um diese besser nachvollziehen zu können, lohnt sich ein genauerer Blick auf drei solcher CSOGs.

3 Foldit, EteRNA und EyeWire

Die vorliegende Untersuchung fokussiert konkret die drei CSOGs *Foldit*, *EteRNA* und *EyeWire*. Diese stammen alle aus dem Themenbereich der Mikrobiologie und sind sich in vielerlei Hinsicht sehr ähnlich. Um einen besseren Einblick zu verschaffen, wird das erfolgreichste der drei Spiele, *Foldit*, genauer vorgestellt.

Bei *Foldit* handelt es sich um ein im Mai 2008 veröffentlichtes 3D-Computerspiel, das an der Universität von Washington in Seattle vom Center for Game Science zusammen mit dem Departement für Biochemie entwickelt wurde (vgl. Center for Game Science 2016). *Foldit*-Spielende versuchen durch Modifikationen eines Proteins möglichst kompakte und effiziente Proteinstrukturen zu entwickeln. Zwar sind der Forschung die generellen Mechanismen des „Protein-Faltens“ bekannt, dennoch gibt es bisher keine Computeralgorithmen, welche die besten Proteinstrukturen identifizieren können. Menschen sind bei solchen Aufgaben nach wie vor überlegen und



Abb. 1: Foldit Einführungslevel

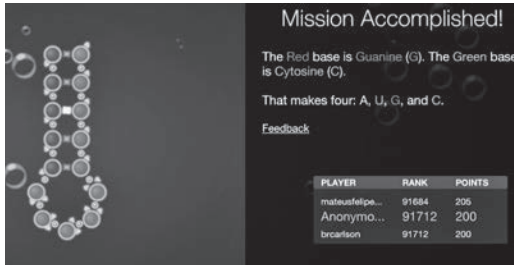


Abb. 2: Eterna Einführungslevel

genau deswegen wurde dieser Optimierungsprozess spielerisch aufbereitet (vgl. Cooper 2011).

Das Spiel kann durchaus als komplex bezeichnet werden und besitzt daher auch ein Tutorial mit 32 Einführungslevels. Danach kann man versuchen, eine Vielzahl an spezifischen Protein-Puzzles optimal zu falten. Je natürlicher die konzipierte Proteinstruktur, desto mehr Punkte werden der Spielerin oder dem Spieler attribuiert. Die gesammelten Highscores der Spielenden werden in öffentlichen Ranglisten festgehalten. Alle *Foldit*-Spielenden besitzen eine eigene Profilseite, auf der sie sich der Community anhand von Highscores, Foto und Kurzbiografie vorstellen können. Die Community kann sich neben der privaten Nachrichtenfunktion über einen offenen in-game Chat austauschen und versuchen, gemeinsam an gewissen Protein-Puzzles zu arbeiten, oder sie können sich sogar offiziell als Gruppe/Clan zusammenschließen. Wichtig und rege genutzt scheinen zudem der Webseitenblog und das Online-Forum zu sein, wo die Spielenden alles Mögliche rund ums Spiel diskutieren. Insgesamt hat *Foldit* über 600.000 registrierte Nutzerinnen und Nutzer, wovon aber nur etwa 3.700 Spielerinnen und Spieler sich über die Tutorials hinaus Punkte erspielt haben. Das Spiel hat neben regelmäßiger medialer Aufmerksamkeit auch für die Forschung relevante Outputs produziert. So wurden drei Artikel in *Nature Journals* publiziert, wobei „*Foldit Players*“ ebenfalls als Co-Autor ausgewiesen wurde (vgl. Center for Game Science 2016).

Wie bereits angesprochen, sind die anderen beiden Spiele *Foldit* sehr ähnlich. Auch bei *Eterna* geht es um das Falten, diesmal versuchen die Spielenden jedoch, optimale RNA-Strukturen zu entwickeln. Bei *EyeWire* dreht sich alles um neuronale Vernetzungen, welche von den Spielenden

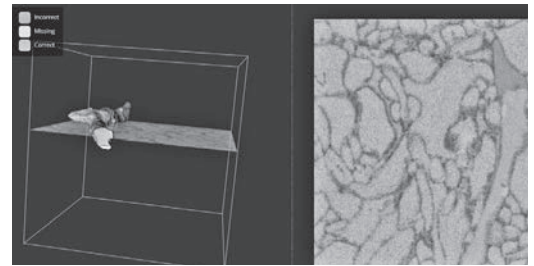


Abb. 3: Neuron im Gewebekblock in der Gesamtansicht (links) und Querschnittsansicht (rechts) beim Spiel EyeWire

aufgedeckt werden sollen. Scans von Gewebekquerschnitten ermöglichen es, mit dem nötigen Geschick zu identifizieren, wie sich ein Neuron in diesem Gewebe ausbreitet. Dadurch kartografieren die Spielenden neuronale Strukturen und helfen den Forschenden zu verstehen, nach welchen Regeln neuronale Netzwerke aufgebaut sind. Mit Erstellung eines kostenlosen Benutzerkontos lässt sich sehr schnell ein eigener Eindruck der Spiele gewinnen (vgl. Eterna 2016; EyeWire 2016).

4 Forschungsfragen

CSOGs bieten eine Vielzahl an sozialen, unterhaltenden und kompetitiven Nutzungsmotivationen. Diese sind unter anderem zurückzuführen auf das wissenschaftliche Projektziel, die digitale und spielerische Aufbereitung, das kompetitive Punktesystem, oder die diversen Kommunikationsfunktionen wie Chats und Foren. Dies erlaubt einer heterogenen Nutzerschaft, aus unterschiedlichsten Gründen Gefallen an so einem Spiel zu finden. Die Theorie des expansiven Lernens legt nahe, dass dieses reiche Motivationsangebot Lerneffekte begünstigt. Gleichzeitig weiß man empirisch sowohl aus der Forschung zu Citizen Science Projekten als insbesondere auch aus der Forschung zu Educational Games, dass Spiele dieser Art Lerneffekte begünstigen. Gerade die hier ausgewählten Spiele aus dem Bereich der Mikrobiologie beinhalten durchaus anspruchsvolles Wissen rund um Themen wie Proteine, RNA und Nervenzellen. Ebenso hat man die Chance, als digitale Bürgerwissenschaft-

	sozial motiviert	unterhaltungs- motiviert	kompetitiv motiviert
Norm Oriented Motives	0.469		
Reputation	0.863		
Identification	0.698		
Social Interaction	0.859		
Intrinsic Motives		0.732	
Escapism		0.862	
Discovery		0.676	
Collective Motives			-0.528
Achievement			0.787
Eigenwert	3.335	1.202	1.099
Varianzaufklärung	37.05 %	13.36 %	12.20 %
Hauptkomponentenanalyse mit Oblimin-Rotation. Faktorladungen unter 0.400 sind nicht abgebildet. Quelle: Eigene Darstellung			

Tab. 1: Faktorenanalyse der Nutzungsmotivationen

lerin oder -wissenschaftler mitzubekommen, was es heißt, Wissenschaft zu betreiben und dies auf moderne Art und Weise. Obwohl diese Projekte also nicht als Lernspiele konzipiert wurden, bringen sie einen immanenten Lernbezug mit sich. Über mehr als diese Potenziale weiß man jedoch aus Sicht der Forschung noch nichts. Ebenfalls ist unklar, wie diese möglichen Lerneffekte mit unterschiedlichen Nutzungsmotivationen korrespondieren. Entsprechend lohnt es sich, den Gegenstand mit einer explorativen Analyse anhand von drei Forschungsfragen anzugehen:

FF1: Was sind die Nutzungsmotivationen der jugendlichen Spieler von CSOGs und wie unterscheiden sie sich von den älteren Spielern?

FF2: Wie lassen sich die Spieler von CSOGs anhand ihrer Nutzungsmotivationen typologisieren?

FF3: Welche Wissens- und Einstellungseffekte der Spiele sind bei den unterschiedlichen Motivationsgruppen vorhanden?

Dazu muss zuerst einmal geklärt werden, welche Nutzungsmotivationen sich bei diesen Spielerinnen und Spielern tatsächlich vorfinden lassen und ob sich diese zwischen jugendlichen und älteren Spielenden merklich unterscheiden. Falls keine frappanten Unterschiede vorliegen, lässt sich gleich die gesamte Nutzerschaft anhand ihrer Nutzungsmotivationen gruppieren und bezüglich ihrer Lerneffekte analysieren und vergleichen. Dies wird Rückschlüsse auf die pädagogische Praxis und insbesondere erste Handlungsempfehlungen im Umgang mit dieser Spezialform eines digitalen Spiels erlauben.

5 Methodik

Mittels einer Online-Befragung wurden Spielerinnen und Spieler von CSOGs aus dem Themenbereich der Mikrobiologie befragt. Die Rekrutierung der Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer verlief zunächst möglichst offen und

war noch nicht auf einen Themenbereich eingeschränkt. Erst im Verlaufe der Datensammlung wurde die Rekrutierung für die drei vorgestellten Spiele aus dem Bereich der Mikrobiologie optimiert. Die Spielenden wurden über die Chat- und Forumsfunktionen, sowie über Privatnachrichten auf der jeweiligen Plattform zur Befragung eingeladen. Als Incentive wurde unter allen Befragten ein 50\$ Gutschein eines Online Händlers verlost. Der Online-Fragebogen (ca. 9 Minuten Befragungsdauer) war vom 1.01.2015 bis zum 31.03.2015 aktiv und wurde nach Datenbereinigung von 260 Spielenden ausgefüllt. Der englische Fragebogen nutzte primär fünfstufige Likert-Skalen (1=completely disagree; 5=completely agree) und erfasste basierend auf der vorgestellten Literatur folgende neun Nutzungsmotivationen: Norm-Oriented Motives, Reputation, Collective Motives, Intrinsic Motives, Identification, Achievement, Social Interaction, Discovery, Escapism. Die Operationalisierungen der Variablen folgten weitgehend den Vorbildstudien, wurden aber in einigen Fällen noch sprachlich optimiert und durch weitere Items ergänzt.

Nach dem Block zu den Nutzungsmotivationen gaben die Befragten die selbsteingeschätzten Effekte ihrer Nutzung an. Dies umfasste zum einen Lerneffekte, die in dieser Arbeit als Effekte auf das Wissen insgesamt (*General Knowledge*) und das Wissen zum Thema Biologie (*Biology Knowledge*) operationalisiert wurden. Zum anderen wurden auch Einstellungs- und Motivationseffekte auf das Interesse an Wissenschaft (*Interest in Science*) und die persönliche Motivation zur zusätzlichen Informationssuche (*Information Seeking*) für die Themen Wissenschaft & Technik sowie Biologie abgefragt.

6 Typologie der Nutzungsmotivationen

Die neun untereinander stark korrelierenden Nutzungsmotivationen (KMO=.782; Bartlett Test: $\chi^2(36)=591.33$, $p<.001$) wurden vor der Clusteranalyse einer Faktorenanalyse unterzo-

	Alter ≤ 25	Alter > 25
N (% des Samples)	140 (54 %)	120 (46 %)
sozial motiviert	-.061	.071
unterhaltungsmotiviert	.004	-.004
kompetitiv motiviert	.033	-.039
Z-Scores der Motivationsfaktoren pro Gruppe; keine sign. Mittelwertunterschiede; Quelle: Eigene Darstellung		

Tab. 2: Vergleich der Nutzungsmotivationen junger und alter Spieler

gen. Basierend auf einer Hauptkomponentenanalyse mit Oblimin-Rotation wurden anhand des Kaiser-Kriteriums (Eigenwerte >1) drei Faktoren extrahiert, die zusammen eine Varianzaufklärung von knapp 63 Prozent erreichen. Tabelle 1 zeigt die Zuordnung der einzelnen Motivationen auf die drei Faktoren, die je eine übergeordnete Nutzungsmotivation repräsentieren. Der erste Faktor beschreibt, wie sozial motiviert eine Person bei der Nutzung des Spiels ist. Personen mit hohen Faktorscores sind alle Aspekte rund um die Spielgemeinschaft wichtig und sie erhoffen sich ebenfalls Bestätigung von Freunden und Familie für ihre Kontributionen und Leistungen. Der zweite Faktor spiegelt wider, wie stark unterhaltungsmotiviert die Spielenden sind. Hohe Werte weisen darauf hin, dass das Spiel gespielt wird, um dem Alltag zu entfliehen, Spaß zu haben und Neues zu entdecken. Der letzte Faktor steht dafür, wie kompetitiv motiviert die einzelnen Spielenden sind. Wer hohe Werte aufweist, der oder die will sich mit anderen messen und tut dies viel weniger als die durchschnittlichen Spielenden, um das wissenschaftliche Ziel hinter dem Spiel zu unterstützen. Auf Basis dieser drei übergeordneten Motivationen wurden alle Spielenden bis und mit 25 Jahren mit den älteren verglichen. Tabelle 2

	Enthusiasten	Soziale	Unterhaltene	Kompetitive	Demotivierte
N (% des Samples)	49 (19 %)	53 (20 %)	53 (20 %)	76 (29 %)	29 (12 %)
sozial motiviert	.987	.737	-.293	-.459	-1.278
unterhaltungs- motiviert	1.033	-.094	.417	-.402	-1.283
kompetitiv motiviert	.395	-.359	-1.172	.979	-.435
Z-Scores der Motivationsfaktoren pro Gruppe; Quelle: Eigene Darstellung					

Tab. 3: Die fünf Motivationstypen

zeigt, die drei Faktoren-Mittelwerte (Z-standardisiert) im Vergleich der beiden Altersgruppen. Je näher die Mittelwerte bei Null liegen, desto durchschnittlicher ist die Motivation ausgeprägt. Die statistischen Gruppenvergleiche pro Faktor deuten dabei auf keine signifikanten Unterschiede hin, da praktisch alle Mittelwerte sehr gering sind. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Gesamtheit an 'jüngeren' Spielerinnen und Spielern etwa die gleichen Motivationen aufweist wie die 'älteren' Spielenden. Daher konnte die weitere Analyse auf Basis der gesamten Stichprobe durchgeführt werden, was den Vorteil einer höheren Fallzahl mit sich bringt. Es besteht Grund zur Annahme, dass die folgenden Ergebnisse sich auch spezifisch für jüngere Spielerinnen und Spieler (unter 25 Jahren) deuten lassen.

Auf Basis der drei Faktoren wurde danach das gesamte Sample einer Clusteranalyse unterzogen. Zum Gruppieren wurde die Ward-Methode mit euklidischer Distanz verwendet. Die Analyse des Dendrogramms und der Diskriminanzanalyse (90,8 % korrekte Fallzuordnung) legte insbesondere die Interpretation der Fünf-Cluster-Lösung nahe. Es war ebenfalls eine Lösung, die für eine explorative Analyse den höchsten Mehrwert brachte. In Tabelle 3 zeigt sich nun, wie die Mittelwerte der Nutzungsmotivationen jeweils viel höher ausgeprägt sind und für fünf distinkte Motivationstypen stehen.

6.1 Enthusiasten

Das erste Cluster macht 19 Prozent des Samples aus und weist auf allen drei Motivationsdimensionen überdurchschnittliche Werte auf. Personen aus dieser Gruppe spielen CSOGs, weil sie diese als besonders unterhaltend empfinden und sie stärker als die anderen durch die sozialen Features der Spiele motiviert sind. Ebenso ist diese Gruppe stärker als die meisten Cluster durch den kompetitiven Aspekt der Spiele zur Nutzung angetrieben. Da dieses Cluster praktisch alle abgefragten Motivationen aufweist, lässt sich sagen, dass diese Spiele geradezu wie für sie gemacht sind und perfekt zu ihren Präferenzen passen. Folglich wurde diese Nutzergruppe als die *Enthusiasten* benannt.

6.2 Soziale

Das zweite Cluster weist im Gegensatz zu den Enthusiasten nur noch eine stark ausgeprägte Motivationsdimension auf. Zwar etwas weniger stark als die Enthusiasten, ist diese Gruppe besonders durch die sozialen Elemente der Spiele motiviert. Anders als den Durchschnittsspielenden ist ihnen die soziale Interaktion mit anderen, die Spieler-Community und die Reputation, die sie darin haben, speziell wichtig und bietet Anlass zur Nutzung. Während der Unterhaltungsaspekt sie weder positiv noch negativ auszeichnet, geht es diesen Spielerinnen und Spielern weniger darum, möglichst hohe und bessere High-Scores zu erreichen. Auf die-

ser Basis wurde dieses Cluster, das 20 Prozent des Samples ausmacht, als die *Sozialen* betitelt.

6.3 Unterhaltene

Das dritte Cluster (20 % des Samples) wurde als die *Unterhaltenen* gekennzeichnet, da die Unterhaltungsmotivation dieser Spielenden die einzige Dimension ist, die überdurchschnittlich ausgeprägt ist. Sie sind unterdurchschnittlich durch die sozialen Aspekte motiviert und noch weniger nutzen sie die Spiele, um möglichst hohe Punktzahlen zu erreichen. Vielmehr nutzen sie die Spiele als Alltags-Ausgleich, der ihnen freudige Unterhaltung liefert.

6.3 Kompetitive

Bisher waren zwei der drei Motivationen für ein eigenes Cluster maßgebend. Das vierte Cluster wird nun durch die dritte Motivation, die kompetitive, definiert. Auch hier sprechen die Werte eine klare Sprache: Die Spielenden dieser Gruppe sind weniger sozial oder durch Unterhaltung motiviert, dafür umso mehr durch den kompetitiven Aspekt der Spiele. Damit einher geht ein unterdurchschnittliches Interesse am kollektiven Ziel des Spielprojekts. Diese Spielenden sind gekommen, um hohe Punkte zu erreichen und sich mit anderen zu messen. Im untersuchten Sample machen sie mit 29 Prozent die größte Gruppe aus und gelten fortan als die *Kompetitiven*.

6.4 Demotivierte

Das letzte Cluster besteht nur aus 29 Fällen (12 %) und ist bei Clusteranalysen oft ein schwer interpretierbares Restcluster. Jedoch zeigt diese Gruppe sehr wohl ein klares Muster. Sie sind nämlich in allen drei Motivationsdimensionen geringer motiviert als der Rest der Stichprobe. Sie zeigen relativ gesehen die tiefsten Motivationen in sozialer und unterhaltender Hinsicht. Aber auch die kompetitive Nutzung scheint ihnen eher nicht ein spezieller Ansporn zu sein. Das einzige was sie indirekt zu motivieren scheint, ist das kollektive Ziel, das laut Faktorenanalyse negativ auf die kompetitive Motivation lädt. Unter diesen Voraussetzungen wird diese Gruppe sozusagen als Gegenstück zu den Enthusiasten als die *Demotivierten* bezeichnet.

7 Die Effekte der Citizen Science Online Games

Für diese fünf Motivationstypen lässt sich nun analysieren, welche Effekte CSOGs auf sie haben. Diese sind, zusammen mit der Soziodemografie und Variablen zu Spielnutzung in Tabelle 4 abgebildet.

Wenig überraschend haben die Enthusiasten bereits am meisten Zeit in das Spiel investiert. Folgerichtig schätzen sie den Einfluss des Spiels auf ihr Wissen, ihr Interesse an Wissenschaft und auf ihre Motivation, sich intensiver mit Biologie oder Wissenschaft auseinanderzusetzen, am stärksten ein. Im starken Kontrast dagegen haben die Demotivierten die Spiele bisher am wenigsten genutzt und vermuten (mit Werten unter der Skalenmitte 3) eher nicht, dass ihre Nutzung einen der abgefragten Effekte mit sich bringt. Der Vergleich dieser beiden „extremen“ Motivationsgruppen zeigt nachvollziehbare Unterschiede. Es scheint naheliegend, dass diejenigen Spielerinnen und Spieler, die bezüglich aller übergeordneten Nutzungsmotivationen von ihrem Citizen Science Online Game begeistert sind, auch am meisten von den Effekten des Spiels überzeugt sind. Daraus folgt der Antrieb, sich zusätzlich zu den Themen des Spiels zu informieren. Die anderen selbsteingeschätzten Effekte sind mit mehr Vorsicht zu genießen, da die Spielenden ‚ihr‘ Spiel vermutlich besonders gut darstellen wollen. Bei den Demotivierten würde dann die genau umgekehrte Logik zutreffen. Sie haben durchgehend geringere Motivationen als das Gesamtsample und sehen aus diesem fehlenden Enthusiasmus heraus auch eher keine klaren Effekte des Spiels.

Umso interessanter sind daher die Vergleiche zwischen den Sozialen, Unterhaltenen und Kompetitiven. Zunächst ist hier festzustellen, dass sich die Sozialen und Unterhaltenen in keinem der Mittelwerte der selbsteingeschätzten Effekte signifikant unterscheiden. Die einzigen merklichen Unterschiede liegen darin, dass die Unterhaltenen rund zehn Jahre jünger sind und noch nicht so viele Stunden in das Spiel investiert haben. Erst im Vergleich dieser beiden Cluster mit den Kompetitiven zeichnet sich eine klare Zäsur ab. Die Kompetitiven, die nach Highscores streben und unterdurch-

	Enthusiasten	Soziale	Unterhaltene	Kompetitive	Demotivierte
N	49	53	53	76	29
Soziodemografie (ohne statistische Quervergleiche)					
männlich	65 %	74 %	72 %	78 %	66 %
Durchschnittsalter	33.24	36.75	25.98	28.74	30.79
maximal Abitur	36.70 %	30.20 %	30.20 %	27.60 %	17.20 %
zusätzliche Bildung	14.3 %	24.5 %	26.4 %	31.6 %	20.7 %
mindestens Bachelor	49.0 %	45.3 %	43.4 %	40.8 %	62.1 %
Nutzungshäufigkeit					
Spielnutzung (total Stunden)	784.74 ^a	680.71 ^b	356.19	460.38	132.6 ^{ab}
generelle Spielnutzung (Stunden/Woche)	9.6	7.94	7.69	10.65	8.67
Selbsteingeschätzte Effekte					
General Knowledge	4.57 ^{ab}	4.38 ^{cd}	4.38 ^{ef}	3.83 ^{aceg}	3.21 ^{bdfg}
Biology Knowledge	4.36 ^{ab}	4.05 ^{cd}	4.07 ^{ef}	3.57 ^{aceg}	2.79 ^{bdfg}
Interest in Science	4.35 ^{abcd}	3.79 ^{aef}	3.85 ^{bgh}	3.32 ^{cegi}	2.69 ^{dfhi}
Science Information Seeking	4.31 ^{abcd}	3.87 ^{aef}	3.87 ^{bgh}	3.38 ^{cegi}	2.55 ^{dfhi}
Biology Information Seeking	4.53 ^{abc}	3.92 ^{ade}	4.19 ^{fg}	3.46 ^{bdfh}	2.69 ^{cegh}
Signifikante Unterschiede (nach LSD Post-Hoc Test) zwischen Clustermittelwerten bezüglich derselben Variable wurden mit demselben hochgestellten Buchstaben versehen. Quelle: Eigene Darstellung					

Tab. 4: Zusätzliche Deskription der fünf Motivationstypen

schnittlich durch das Projektziel motiviert sind, profitieren weniger von den CSOGs. Zwar vermuten sie absolut gesehen, dass auch sie von der Nutzung des Spiels profitiert haben, jedoch tun sie dies bei allen fünf abgefragten Effekten signifikant weniger als die Sozialen und Unterhaltenen.

Eine mögliche Interpretation liegt in unterschiedlichen kognitiven Grundhaltungen aufgrund unterschiedlicher Motivationen. Spielende, die sich primär mit anderen messen wollen, mögen so stark auf dieses Ziel fokussiert sein, dass sie sich neben dem Punktesystem des Spiels auf kaum etwas anderes einlassen. Dagegen mögen die Haltungen der Sozialen und Unterhaltenen offener und entspannter sein. Dadurch nehmen sie im Spiel offeriertes Wissen eher wahr und sind eher motiviert, sich weiter zum Thema des Spiels zu informieren.

8 Diskussion und Fazit

Diese explorativen Befunde zu den Lerneffekten der CSOGs sind vielversprechend. Basierend auf den Resultaten des Altersgruppenvergleichs können die Befunde außerdem auch direkt auf junge Menschen bezogen werden. Es zeichnet sich insgesamt ab, dass die Spiele das Potenzial haben, das Wissen der Spielerinnen und Spieler zu steigern. Dies sowohl im Sinne von generellem Wissen als auch von spezifischem Wissen zum Thema des Spiels. Ebenso kann vermutet werden, dass die Spiele indirekt zu Wissensaneignung führen. Sie steigern das Interesse an Wissenschaft und bringen die Spielenden dazu, sich auch zusätzlich zum Thema des Spiels oder über Wissenschaft im Allgemeinen zu informieren.

Gerade die letzten beiden Effekte sind eine große Stärke dieser Spiele. CSOGs sind nicht darauf ausgerichtet, den Spielenden stets mehr und neues Wissen zu offerieren, sondern vermitteln schlichtweg das zum Spielen notwendige Wissen. Während dies bereits einen Wissenszuwachs ermöglicht, ist es besonders vielversprechend, dass die Spielerinnen und Spieler sich zusätzlich zur Informationssuche motiviert fühlen und somit so viel zum Thema lernen können wie sie wünschen.

Dies betrifft nicht nur das Thema des Spiels (hier Biologie), sondern auch Wissen zur Wissenschaft selber. Dies liegt wohl daran, dass es sich bei den Spielen um wissenschaftliche Projekte handelt und die Spielenden daher eine Neugier für die Funktionsweisen der Wissenschaft entwickeln.

Die Hauptresultate der Studie passen auch zu bisherigen Befunden aus der Forschung zu Educational Games. Auch dort zeigten sich in ähnlicher Weise direkte Lerneffekte und Effekte auf die Lernmotivation. Wie die Forschung zu Educational Games insgesamt, weist auch die vorliegende explorative Untersuchung Limitationen auf. Zwar wurde mit Spielerinnen und Spielern von CSOGs noch nie zuvor eine solch umfangreiche Befragung durchgeführt, jedoch kann aufgrund der Selbstselektion der Teilnehmenden nicht ohne Weiteres von einem repräsentativen Sample gesprochen werden. Die Tatsache, dass die Clusteranalyse dennoch ein breites Spektrum an Typen hervorgebracht hat, spricht dennoch für eine hohe Vielfalt an Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmern. Ebenso ist zu betonen, dass es sich bei den aufgezeigten Effekten um selbsteingeschätzte Effekte handelt. Eine solche Messung von Effekten kann Resultate verzerren und mag gerade bei Lerneffekten zu Selbstüberschätzungen führen (vgl. Kruger/Dunning 1999). Die vorliegenden Resultate dürfen daher nicht als endgültig verstanden werden, sondern vielmehr als erstes empirisches Anzeichen, das weitere Studien mit aufwendigeren Messmethoden legitimiert. Wie bei den Educational Games bieten sich dafür Untersuchungen zur Langlebigkeit der Effekte und Studien zu einer effektiven Implementierung in formale Lernkontexte an.

Daran anschließend ist zu betonen, dass die aufgezeigten Effekte aus einem informellen Lernkontext resultierten. Die Berücksichtigung unterschiedlicher Motivationstypen kann jedoch einen Beitrag zur Implementierung der CSOGs in formalen Kontexten leisten. So ist für die pädagogische Praxis festzuhalten, dass die untersuchten Lerneffekte nur wahrscheinlich sind, wenn die Spielenden auch tatsächlich eine genuine Motivation haben, das Spiel zu spielen. Es würde also keinen Sinn machen, Schülerinnen und Schüler und Studierende zu regelmäßiger Nutzung des Spiels

zu verpflichten. Die wenig motivierte Gruppe in dieser Untersuchung zeigt klar, dass sie für sich keinen Nutzen des Spiels sah. Dieser Befund geht Hand in Hand mit der subjektwissenschaftlichen Lerntheorie, bei der expansives Lernen nur durch starke Eigenmotivation stattfinden kann. Das Gute an diesen Spielen ist jedoch, dass sie eine große Bandbreite an Motivationen liefern und somit unterschiedlich zugänglich und motivierend sein können. Zwar bestehen zwischen diesen Motivationsformen vermutlich Unterschiede in den Lerneffekten; eine rein kompetitive Nutzung mag zu geringeren Lerneffekten führen. Jedoch kann diese Not zur Tugend werden. Denn gerade diese kompetitive Nutzungsweise, die stark an jene eines klassischen Videospieles erinnert, kann ein wichtiger Anschlusspunkt für Jugendliche und ihre Spielgewohnheiten sein. Sie kann als wichtiger Einstieg fungieren, wobei die jungen Spielerinnen und Spieler mit der Zeit durchaus auch andere Motivationen entwickeln könnten, die noch bessere Lerneffekte in Aussicht stellen würden. Schlussendlich wird aus pädagogischer Sicht das wichtigste sein, die Schülerinnen und Schüler und Studierenden von Anfang an mit allen Funktionen der CSOGs vertraut zu machen. Dann besteht die beste Chance, mittels CSOGs Begeisterung für das Spiel und womöglich sehr bald auch für die Wissenschaft an sich zu ermöglichen.

Literatur

- Backlund, Per/Hendrix, Maurice (2013). Educational games - Are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games (S. 1-8). IEEE.
- Bekebrede, Geertje/Warmelink, Harald J. G./Mayer, Igor S. (2011). Reviewing the need for gaming in education to accommodate the net generation. *Computers & Education*, 57 (2), 1521-1529.
- Bellotti, Francesco/Kapralos, Bill/Lee, Kiju/Moreno-Ger, Pablo/Berta, Ricardo (2013). Assessment in and of Serious Games: An Overview. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2013, S. 1-11.
- Bonney, Rick/Ballard, Heidi L./Jordan, Rebecca/McCallie, Ellen/Phillips, Tina/Shirk, Jennifer L./Wilderman, Candie C. (2009). *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing its Potential for Informal Science Education*. Washington DC: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE).
- Center for Game Science (2016). Foldit. Abgerufen 1. Juni 2016, von www.centerforgamescience.org/blog/portfolio/foldit/
- Citizen Science Central. (2016). Defining Citizen Science. Abgerufen 1. Juni 2016, von www.birds.cornell.edu/citscitoolkit/about/definition
- Clark, Douglas B./Tanner-Smith, Emily E./Killingsworth, Stephen S. (2015). Digital games, design, and learning a systematic review and meta-analysis. *Review of educational research*, 0034654315582065.
- Connolly, Thomas M./Boyle, Elizabeth A./MacArthur, Ewan/Hainey, Thomas/Boyle, James M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59 (2), 661-686.
- Cooper, Caren B./Dickinson, Janis/Phillips, Tina/Bonney, Rick (2007). Citizen Science as a Tool for Conservation in Residential Ecosystems. *Ecology and Society*, 12 (2).
- Cooper, Seth (2011). A framework for scientific discovery through video games. University of Washington. <http://gradworks.umi.com/35/01/3501867.html>
- Dohmen, Günther (2001). Das informelle Lernen. Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller. Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF.
- EteRNA (2016). Abgerufen 1. Juni 2016, von www.eterna.cmu.edu/web/about/
- EyeWire (2016). Abgerufen 1. Juni 2016, von www.blog.eyewire.org/about/
- Gee, James P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment (CIE)*, 1 (1), S. 20-20.
- Giessen, Hans W. (2015). Serious Games Effects: An Overview. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 174, S. 2240-2244.
- Girard, Coarlie/Ecalle, Jean/Magnan, Annie (2013). Serious games as new educational tools: how effective are they? A meta-analysis of recent studies: Serious games as educational tools. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (3), S. 207-219.
- Hainey, Thomas/Connolly, Thomas M./Stansfield, Mark/Boyle, Elizabeth A. (2011). Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. *Computers & Education*, 56 (1), S. 21-35.
- Haywood, Benjamin K./Besley, John C. (2014). Education, outreach, and inclusive engagement: Towards integrated indicators of successful program outcomes in participatory science. *Public Understanding of Science*, 23 (1), S. 92-106.
- Hoblitz, Anna (2014). Educational Games an der Schnittstelle zwischen informellem und formellem Lernen. *merz*, 58 (6), S. 18-27.

Holzkamp, Klaus (1993). *Lernen: Subjektwissenschaftliche Grundlegung*. Campus Verlag.

Hwang, Gwo-Jen/Wu, Po-Han (2012). Advancements and trends in digital game-based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010: Colloquium. *British Journal of Educational Technology*, 43 (1), E6-E10.

Iacovides, Ioanna/Jennett, Charlene/Cornish-Trestrail, Cassandra/Cox, Anna L. (2013). Do Games Attract or Sustain Engagement in Citizen Science?: A Study of Volunteer Motivations. In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (S. 1101-1106).

Jennett, Charlene/Kloetzer, Laure/Schneider, Daniel/Iacovides, Ioanna/Cox, Anna L./Gold, Margaret/Fuchs, Brian/Eveleigh, Alexandra/Mathieu, Kathleen/Ajani, Zoya/Talsi, Yasmin (2016). Motivations, learning and creativity in online citizen science. *JCOM* 15 (03), A05.

Ke, Fengfeng (2009). A qualitative meta-analysis of computer games as learning tools. *Handbook of research on effective electronic gaming in education*, 1, S. 1-32.

Khatib, Firas/DiMaio, Frank/Contenders Group/Foldit Void Crushers Group/Cooper, Seth/Kazmierczyk, Maciej/Baker, David (2011). Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. *Nature Structural & Molecular Biology*, 18 (10), S. 1175-1177.

Kruger, Justin/David Dunning (1999). Unskilled and Unaware of it: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology* 77 (6), S. 1121-1134.

Marsh, Tim (2011). Serious games continuum: Between games for purpose and experiential environments for purpose. *Entertainment Computing*, 2 (2), S. 61-68.

Masters, Karen/Oh, Eun Y./Cox, Joe/Simmons, Brooke/Lintott, Chris/Graham, Gary/Greenhill, Anita/Holmes, Kate (2016). Science learning via participation in online citizen science. *JCOM* 15 (03), A07.

Nov, Oded/Arazy, Ofer/Anderson, David (2014). Scientists@Home: What Drives the Quantity and Quality of Online Citizen Science Participation? *PLoS ONE*, 9 (4), e90375.

Perrotta, Carlo/Featherstone, Gill/Aston, Helen/Houghton, Emily (2013). Game-based learning: Latest evidence and future directions. *NFER Slough*.

Planet Hunters Blog (2016). New Candidates from K2 from Planet Hunters and Their Nearest Neighbors. www.blog.planethunters.org/2016/05/23/new-candidates-from-k2-from-planet-hunters-and-their-nearest-neighbors/

Prensky, Marc (2001). Digital natives, digital immigrants Part 1. *On the horizon*, 9 (5), S. 1-6.

Raddick, M. Jordan/Bracey, Georgia/Gay, Pamela L./Lintott, Chris J./Murray, Phil/Schawinski, Kevin/Vandenberg, Jan (2010). Galaxy Zoo: Exploring the Motivations of Citizen Science Volunteers. *Astronomy Education Review*, 9 (1).

Shell, Jesse (2008). *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. Morgan Kaufmann.

Silva, Cândia G./Monteiro, António Jose/Manahl, Caroline/Lostal, Eduardo/Holocher-Ertl, Teresa/Andrade, Nazareno/Brasileiro, Francisco/ Mota, Paolo Gama/Sanz, Fermín Serrano/ Carrodegua, Jos A./Brito, Rui M. M. (2016). 'Cell Spotting: educational and motivational outcomes of cell biology citizen science project in the classroom'. *JCOM* 15 (01), A02.

Silvertown, Jonathan (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in ecology & evolution*, 24 (9), S. 467-471.

Sitzmann, Traci (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel psychology*, 64 (2), S. 489-528.

Taylor, T. L. (2009). *The Assemblage of Play*. Games and Culture, 4 (4), S. 331-339.

Tobias, Sigmund/Fletcher, J. D/Dai, Dávid Y./Wind, Alexander P. (2011). Review of research on computer games. *Computer games and instruction*, 127, S. 222.

Westera, Wim/Nadolski, Rob J./Hummel, Hans G./Wopereis, Iwan G. (2008). Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24 (5), S. 420-432.

Wiggins, Andrea/Crowston, Kevin (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. In *System Sciences (HICSS), 2011 44th Hawaii International Conference on* (S. 1-10). IEEE. www.ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5718708

Wilderman, Candie C. (2007). Models of community science: design lessons from the field. In *Citizen Science Toolkit Conference/McEver, C./Bonney, Rick/Dickinson, Janis/Kelling, Steve/Rosenberg, Kenneth/Shirk, Jennifer* (Eds.), Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY.

Wouters, Pieter/van Nimwegen, Christof/van Oosten-dorp, Herre/van der Spek, Erik D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105 (2), S. 249-265.

Wu, Jen-Her/Wang, Shu Ching/Tsai, Ho-Huang (2010). Falling in love with online games: The uses and gratifications perspective. *Computers in Human Behavior*, 26 (6), S. 1862-1871.

Yee, Nick (2006). Motivations for Play in Online Games. *CyberPsychology & Behavior*, 9 (6), S. 772-775.

Zimmerman, Eric/Salen, Katie (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. Cambridge, MA: MIT Press.

Zyda, Michael (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38 (9), S. 25-32.